

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2014.14.1.131>

IIBC 2014-1-18

복스캔 만화 저작물 식별 시스템에 관한 연구

A Study on An Identification System for Scanned Cartoon Book

한병준*, 김태현**, 강호갑**, 조성환***, 이근영*

Byung jun Han*, Tae-Hyun Kim**, Ho-Gap Kang**, Seong-Hwan Cho***,
Kyun Young Lee*

요약 만화저작물은 웹하드 서비스의 급증과 스마트기기의 보급으로 인하여 불법 복제가 만연하고 있으나 음악, 동영상과 같이 저작물을 식별할 수 있는 핑거프린팅 기술 개발이 이루어지지 않아 무차별 복제에 따른 저작권자들의 피해 규모가 크게 발생하고 있다. 한국저작권위원회의 저작권 R&D 과제로 진행되고 있는 복스캔 만화 저작물 식별 기술 연구(과제명 : 복스캔 어문/만화 저작물 식별 및 복제방지 기술 개발)는 불법으로 유통되는 복스캔 만화를 효과적으로 식별할 수 있는 기술 개발을 통하여 만화 저작권자들의 수익 기반 확대와 만화저작물의 건전한 생태계 조성 기반을 목적으로 진행되고 있다. 본 논문은 동영상 특징점 추출 알고리즘으로 기 연구된 계층적-대칭-차이-특징점 방식의 알고리즘을 기반으로 한 복스캔 만화 저작물 식별 시스템에 대한 구현 모델을 제시하고자 한다.

Abstract Although illegal reproduction of cartoon books are prevalent with rapid growth of webhard services and smartphone use, fingerprinting technology for product identification, as seen in music and videos, has not been developed yet. This leads to indiscriminate illegal reproduction of cartoon books, causing great amount of copyright damages from copyright infringement of the rightful owners. The copyright R&D project granted from the Korea Copyright Permission (Project Title: Identification and Copy Protection Technology of Bookscanned Text/Comic Books) has been carried out in order to develop technology to effectively identify illegal reproduction and distribution of scanned cartoon books. The developed technology will contribute to increase of royalty payments and robust ecosystem of cartoon book markets. The study is to propose an enhanced implementation model for identification of scanned cartoon books on the basis of hierarchical symmetric difference feature algorithms adopted from existing feature extraction algorithms for video.

Key Words : Bookscan, Cartoon book, Copy protection

1. 서론

PWC 2012년 통계전망 자료에 따르면 전 세계 디지털 만화 시장 규모는 2012년 8억 달러 규모에서 연평균 18% 이상 성장률을 기록하면서 2017년에는 19억 달러 이상의 시장규모를 기록할 것으로 예상하고 있다^[1]. 이는 2017년

을 기준으로 보았을 때 지속적으로 마이너스 성장을 보이고 있는 인쇄만화 시장의 28%에 해당하며, 2008년과 비교하여 6배 이상의 성장률을 보이고 있음을 알 수 있다. 디지털 만화 시장 급성장의 요인은 무엇보다도 스마트폰과 태블릿 기기들에 대한 보급이 확산됨에 따라 독자들이 보관과 이동이 용이한 전자책에 대한 선호도가 점점 높

*정회원, 성균관대학교

**정회원, (주)디알엠인사이드

***정회원, 금강대학교 (교신저자)

접수일자: 2014년 1월 21일, 수정완료: 2014년 2월 6일

게재확정일자: 2014년 2월 7일

Received: 21 January, 2014 / Revised: 6 February, 2014

Accepted: 7 February, 2014

***Corresponding Author: shcho@ggu.ac.kr

School of Liberal Arts & Sciences, Geumgang University, Korea

아지고 있다는 것으로 설명될 수 있다. 그러나 이렇듯 전자책의 편리성 이면에는 불법복제 및 인터넷을 통한 무차별적 재배포에 대한 위험성도 동시에 내포되어 있다. 국내의 경우 저작권자들의 불법복제에 대한 우려가 매우 강하게 반영되어 2012년 현재 전자책 판매량은 전체 도서량의 1%에 지나지 않으며 신간 도서의 경우도 15% 정도만이 전자책으로 공동 출판되고 있는 실정이다^[2]. 더욱이 최근 들어서는 정상적인 전자책 출판보다는 도서 구매자가 개인적인 사용목적으로 복제한 북스캔 도서들이 웹하드나 토렌트와 같은 P2P 서비스를 통해 불법적으로 유통되면서 과거 2000년 초반의 MP3 시장과 같은 불법복제 콘텐츠들의 난립현상이 초래될 가능성도 보이고 있다. 음악이나 동영상 콘텐츠의 경우 불법복제가 만연해짐에 따라 특징점 추출기술을 이용한 콘텐츠 식별기술이 개발되었고^[3], 이를 특수한 유형의 OSP 사업자들이 서비스에 적용하면서 불법적으로 유통되던 콘텐츠들이 상당부분 제도권 안으로 흡수되는 결과를 보여 왔다^[4]. 그러나 북스캔 만화의 경우 아직까지 효과적인 식별 솔루션이 개발되지 않아 만화 저작권자들의 우려를 해소하지 못하고 있는 실정이다.

본 논문에서는 2013년 한국 저작권위원회 주관으로 진행되고 있는 “북스캔 어문/만화 저작물 식별 및 복제방지 기술” 개발 과제의 1차년도 연구결과로 북스캔 만화 저작물 식별 시스템에 대한 모델제시와 구현 결과 및 성능에 대한 내용을 다룬다.

II. 북스캔 만화 저작물 식별 시스템 성능 요구사항

북스캔 만화 저작물에 대한 식별처리 과정은 특수한 유형의 OSP 사업자의 서비스 시스템에서 북스캔된 만화 파일의 업로드 및 다운로드시 만화 저작물의 식별을 위한 용도로 운영될 수 있다. 이때 추가되는 시스템이 기존 서비스의 업무흐름에 영향을 주지 않는 성능을 제공하는 것이 매우 중요한데, 이를 위한 북스캔 만화 저작물 시스템의 성능 요구사항은 다음과 같다.

1. 고성능 식별 처리

북스캔 시스템의 성능은 식별률과 식별시간으로 평가된다. 식별률은 북스캔된 만화의 크기, 포맷, 저장 방식,

변형유무에 관계없이 95% 이상의 성능을 유지하여야 하고, 식별시간은 동일한 조건하에서 3초/권 이상의 성능을 유지해 주어야 바람직하다. 식별시간은 식별 시스템 환경이 클라이언트-서버 모형으로 구현된다 하더라도 네트워크 딜레이를 배제할 경우 유사한 성능을 지원해야 한다.

표 1. 식별 시스템 성능 요구사항

Table 1. Performance requirements of the identification system

항목	처리 요구 내용
고성능 식별 처리	식별시간 : 3초/권 이내 식별률 : 95% 이상
다양한 이미지 포맷 처리	대상 이미지 포맷 : JPG, PNG, GIF, TIF, BMP
다양한 저장 및 압축 포맷 처리	저장 포맷 ^[5] : 압축파일(ALZ, ARJ, EGG, LZH, LAH, RAR, ZIP), PDF 압축 방법 ^[6] : deflate, e-deflate, bzip2, LZMA, PPMd
다양한 변형 형태 처리	일반 : 색 농도 차이, 회전, 뒤틀림, 조판방식 공격 : 변형, 페이지 추가/삭제

2. 다양한 이미지 포맷 처리

북스캔된 만화들은 jpg, png, gif, tif, bmp와 같은 압축 이미지포맷 형태로 스캐닝된 이미지 파일들을 저장하고 있다. 식별 시스템은 다양한 이미지 포맷으로부터 특징점 추출 및 이를 기반으로 한 식별이 가능하도록 유연하게 설계되어야 한다.

3. 다양한 저장 및 압축 포맷 처리

북스캔된 만화들은 낱장으로 스캐닝된 이미지 파일들이 ZIP과 같은 아카이브(archive) 또는 PDF 형태의 권 단위 파일로 존재한다. 그리고 아카이브 파일들은 복수개가 또 하나의 아카이브 파일로 묶여 하나의 작품 단위로 처리되기도 한다. 또한 압축 포맷의 경우 zip형태는 물론이고 스캔본을 업로드 하는 사용자의 취향에 따라 alz, arj, egg, lzh, lha, rar 등 다양한 알고리즘이 사용되고 있으며, 각 알고리즘 내부에도 복수개의 압축 방식이 사용되고 있다. 식별 시스템은 이렇게 다양한 아카이브 형태라 하더라도 식별시간의 지연 없이 처리될 수 있도록 저장 및 압축 포맷 처리 기능을 지원해야 한다.

4. 다양한 변형 형태 처리

북스캔된 만화들은 스캔되는 장비, 방식, 조판 형태에 따라 다양한 모습의 이미지 결과물들이 나올 수 있다. 기준이 되는 특징점 DB 이미지와 비교하여 색의 농도 차이가 있을 수 있고, 회전이나 뒤틀림 현상이 있을 수 있다. 그리고 상하좌우 공백의 크기도 다를 수 있으며, 양면 이미지의 경우 조판 방식에 따라 좌우 순서가 다른 경우도 존재한다. 또한 경우에 따라서는 악의적인 공격자가 식별 시스템의 식별기능을 무력화할 목적으로 의도적인 이미지 변형이나 의미 없는 이미지 삽입을 시도할 수 있다. 북스캔 식별 시스템은 이러한 다양한 변형 형태의 이미지라 하더라도 높은 식별률을 유지하기 위한 전처리기능을 지원할 수 있어야 한다.

III. 북스캔 만화 저작물 식별 시스템

II 절에서 설명된 북스캔 만화식별 시스템 성능 요구사항을 만족하기 위해서는 대상이 되는 북스캔된 이미지들의 특징점 추출 및 특징점 DB 구축 알고리즘 성능은 물론이고 다양한 포맷과 압축방식으로 저장되어 있는 이미지 소스의 효율적인 전처리 과정이 필수적이다. 또한 변형된 이미지 소스들에 대한 보정작업을 진행하기 위해 이미지 보정 작업도 추가로 수행되어야 한다. 이미지 전처리 과정과 보정과정, 그리고 특징점 추출 및 식별과정들이 네트워크를 통한 클라이언트-서버 모델로 연계되어 작동하기 위한 시스템 구성은 그림 1과 같다.

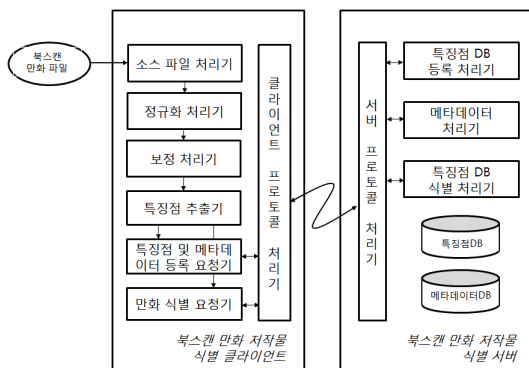


그림 1. 식별 시스템 개념도
Fig. 1. Overview of the identification system

1. 식별 시스템 클라이언트

북스캔 만화 저작물의 식별 시스템 클라이언트는 다양한 포맷으로 저장된 북스캔 만화로부터 이미지 소스를 분리하고 정규화 및 보정작업을 포함한 전처리 과정을 진행한다. 그리고 이를 기반으로 이미지에 대한 특징점 추출을 한 후 특징점 DB 구축 및 만화 식별을 요청하는 기능들을 포함하는 모듈로 구성된다.

가. 소스 파일 처리기

북스캔 만화 저작물은 일반적으로 복수의 만화들이 하나의 파일에 저장되어 있으며 내부적으로 다양한 저장 포맷들이 재귀적인 형태로 복잡하게 구성되고 있다. 따라서 이들의 파일 크기는 수십 메가바이트에서 수 기가바이트에 이른다. 소스파일 처리기는 만화 식별 과정의 성능 향상을 위해 대용량의 북스캔 만화 파일의 내용을 모두 압축 해제하는 비효율적인 과정을 생략하고, 특징점 추출기가 특징점 추출에 사용되는 필요한 이미지들만을 단위 또는 페이지 단위로 지정하여 메모리로 전달 받을 수 있는 기능을 제공한다. 그림 2는 이미지 소스 파일 처리기가 복수개의 zip 파일을 하나의 북스캔 도서로 저장하고 있는 대용량 파일에서 특징점 추출기에서 필요한 이미지들만을 지정하여 메모리로 전달하는 과정에 대한 개념도를 보여준다.

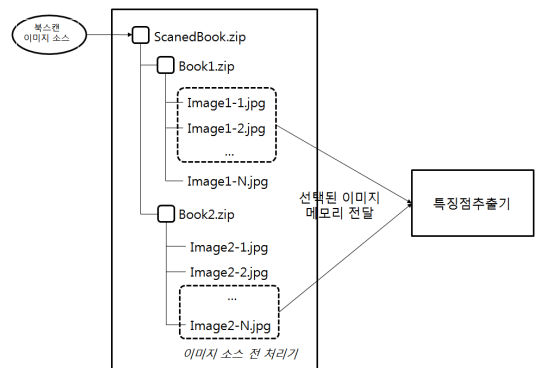


그림 2. 소스 파일 처리기 개념도
Fig. 2. Overview of preprocessing for image sources

나. 정규화 처리기

정규화 처리기는 특징점 추출기의 처리 부하를 줄이기 위해 다양한 해상도로 되어 있는 소스 이미지들을 일정한 크기로 재조정하고, 색도 차이에 대한 오류 가능성

을 제거하기 위하여 256 단계로 각 픽셀의 색 값을 정규화하는 기능을 수행한다.

다. 보정 처리기

보정 처리기는 스캔본이 기울어져 있을 경우 수평상태로 보정하는 기능을 수행한다.

라. 특징점 추출기

특징점 추출기는 스캔된 이미지로부터 변형에 민감하지 않은 특징점 정보들을 추출하여 특징점 DB 등록 요청기 또는 만화 식별 요청기에 보내는 기능을 수행한다. 특징점을 추출하는 알고리즘은 이미지 각 페이지에 대한 계층적-대칭-차이-특징점(Hierarchical symmetric difference feature) 값을 추출하는 방식^[7]을 사용한다. 그림 3은 이미지 한 페이지당 32개의 계층적 대칭 차이 특징값들이 32비트(4바이트)로 표현되는 방법을 보여준다. 특징점 추출시 적용되는 특징대상 개수와 추출되는 페이지의 수는 식별률과 식별시간의 상관관계에 따라 유동적으로 지정된다.

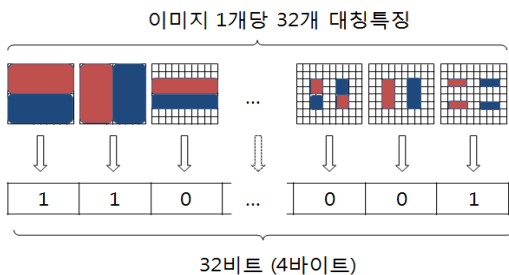


그림 3. 특징점 정보 표현방법
Fig. 3. Representation method for feature information

마. 특징점 및 메타데이터 등록 요청기

특징점 및 메타데이터 등록 요청기는 특징점 추출기로부터 추출된 특징점 정보와 이와 연관된 만화 메타데이터 정보(예: 만화 제목, 권, 출판사, 작가, 출판연도 등)를 DB에 등록할 수 있도록 식별시스템 서버에 요청하는 기능을 수행한다. 특징점 DB를 구축하기 위해 특징점 정보를 추출하는 북스캔 만화의 권당 이미지 수는 차후 식별률을 고려하여 모든 페이지로 한다.

바. 만화 식별 요청기

만화 식별 요청기는 식별 대상이 되는 북스캔 만화 파일로부터 추출된 특징점 정보를 식별 시스템 서버로 요청하고, 식별 시스템 서버로부터 식별된 만화의 메타데이터 정보를 전달받는 기능을 수행한다.

사. 클라이언트 프로토콜 처리기

클라이언트 프로토콜 처리기는 특징점 및 메타데이터 등록에 대한 요청을 서버에 전달하는 기능을 수행한다. 프로토콜에 사용되는 메시지 구성은 한국저작권보호센터에서 운영중인 불법추적관리시스템에 사용하고 있는 메시지 방식^[8]을 기반으로 메타데이터 등록 및 삭제에 대한 인터페이스만을 추가한 형태로 구성된다. 표 2는 식별 시스템에서 사용되는 클라이언트-서버 메시지 종류를 보여준다.

표 2. 식별 시스템 프로토콜 메시지 종류
Table 2. Protocol message type of the identification system

메시지 종류	설명
INSERT_FEATURE	특징점 정보에 대한 DB 등록 요청
DELETE_FEATURE	특정 특징점 정보에 대한 DB 삭제 요청
FIND_CID	특정 특징점 정보를 가지고 있는 도서에 대한 식별 및 메타데이터 요청
INSERT_METADATA	특정 특징점 정보에 대한 메타데이터 DB 등록 요청
DELETE_METADATA	특정 특징점 정보에 대한 메타데이터 DB 삭제 요청
RESTART_DB	DBMS 재시작 요청

2. 식별 시스템 서버

북스캔 만화 저작물의 식별 시스템 서버는 클라이언트로부터 특징점 및 메타데이터 DB에 대한 등록 및 만화 식별 요청을 처리하는 기능을 수행한다.

가. 특징점 DB 등록 처리기

특징점 DB 등록 처리기는 클라이언트의 등록 요청에 따라 특징점 DB로 북스캔 만화도서의 특징점을 저장하는 역할을 수행한다. 특징점 DB는 북스캔 만화의 각 페이지당 32개의 특징값들을 하나의 정수값(4바이트)으로 저장하고, 대상이 되는 북스캔 만화의 모든 페이지에 대한 정보들을 정수배열 형태로 DB에 저장한다.

나. 메타데이터 처리기

메타데이터 처리기는 클라이언트의 특징점 및 메타데이터 등록 요청기의 요청에 따라 메타데이터를 등록하고, 도서 식별 요청기의 요청에 따라 식별된 도서에 대한 메타데이터 정보를 조회하여 클라이언트에 전달하는 기능을 수행한다.

다. 특징점 식별 처리기

특징점 식별 처리기는 클라이언트의 만화 식별 요청기에서 요청한 건을 처리하기 위해 특징점 DB에 대한 검색 기능을 수행한다. 특징점 DB 검색 시간의 단축을 위하여 DB의 모든 특징점 정보들을 메모리로 로드한 이후에 메모리 안에서의 검색을 통해 작업을 처리한다. 이때 4바이트 배열 형태로 저장된 DB의 특징점 값들은 메모리상에서도 정수 배열형태로 존재하도록 하여, 식별을 위한 유사도 측정에서 정수단위의 비교가 가능하도록 처리한다.

라. 서버 프로토콜 처리기

서버 프로토콜 처리기는 클라이언트의 특징점 및 메타데이터 등록에 대한 요청을 처리하는 기능을 수행한다. 프로토콜에 사용되는 메시지 구성은 III.1.사. 클라이언트 프로토콜 처리기 항목과 동일하다.

IV. 구현 및 성능

북스캔 만화 저작물 식별 시스템은 식별 요청 및 결과 수신을 네트워크를 통해 검증할 수 있도록 C/S 환경으로 구현되었다. 구현된 시스템의 개발 환경은 표 3과 같다.

표 3. 구현 시스템의 개발 환경
Table 3. Development environment of the implemented system

항목	사용 기술/환경
식별 요청 클라이언트	C++, MFC, WinSock, ZipArchive, Libxml2, Opencv
식별 서버	C++, WinSock, Libxml2
DBMS	PostgreSQLv9.3
OS	Windows 2008
개발툴	Visual Studio 2008

1. 식별 시스템 클라이언트

식별 시스템 클라이언트는 특징점 추출, 특징점 DB구축 요청, 만화식별 요청, 만화 메타데이터 등록/수정, 만화정보 조회, 다중 작업(특징점 DB 구축, 식별), 도서/만화 분류, 서버연동 등의 기능을 제공한다. 그림 4는 복수개의 만화가 저장된 폴더들의 집합으로부터 특징점 DB를 구축하거나 만화를 식별하는 기능을 수행하는 클라이언트 응용프로그램의 구현 결과를 보여준다.

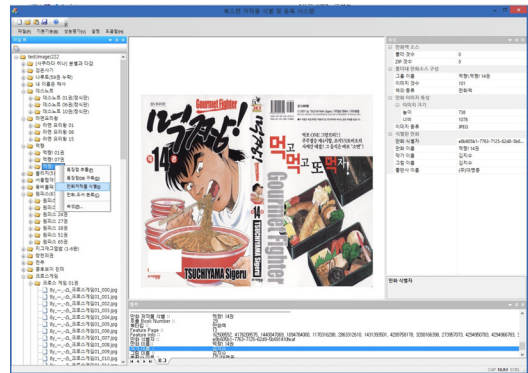


그림 4. 식별 시스템 클라이언트 응용프로그램
Fig. 4. Client application of the identification system

2. 식별 시스템 서버

식별 시스템 서버는 클라이언트의 요청(특징점 DB 저장 및 식별, 메타데이터 저장 및 조회)에 대한 처리 기능을 수행한다.

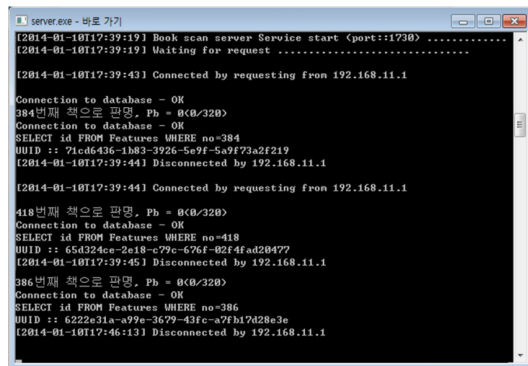


그림 5. 식별 시스템 서버
Fig. 5. Server application of the identification system

3. 성능

식별 시스템의 식별 성능을 테스트하기 위해 평균 크기 30M인 3,000권의 만화에 대한 특징점 DB를 구축하고 변형이 없는 북스캔 만화를 기준으로 특징점 추출 단위의 페이지 수를 5, 20, 30, 50으로 변경하면서 식별시간과 식별률을 측정하였다. 표 4는 성능실험 결과를 보여준다. 실험결과 특징점 페이지 수를 증가시키는 경우 식별률이 증가하는 것으로 확인되었다.

표 4. 식별 시스템 인식률 성능

Table 4. Identification performance of the system

페이지 수	평균 식별시간(초)	성공	오식별	식별률
5	0.255	2,997	3	99.90%
20	1.924	2,998	2	99.93%
30	2.486	2,999	1	99.96%
50	3.659	3,000	0	100%

VI. 결론 및 향후 과제

본 논문은 한국저작권위원회의 저작권기술 R&D 연구로 수행중인 “북스캔 어문/만화 저작물 식별 및 복제방지 기술” 연구 과제의 1차년도 연구결과로, 북스캔 만화 식별 시스템의 구현 모델을 제시하였다. 제안된 모델은 현재 연세대학교 다차원융합 연구실과 공동으로 개발이 이루어지고 있다. 전체 연구는 2013년 5월부터 2015년 2월까지 3년간에 걸쳐 진행되고 있으며, 현재 1차년도 개발에 대한 마무리 작업이 진행되고 있다. 1차년도의 개발은 다양한 저장 및 압축 포맷 처리 기능과 다양한 변형 형태 처리기능이 배제된 변형되지 않은 단면 이미지 북스캔 만화에 대한 처리만 가능하도록 구현되어 있다. 향후 2차년도 과제를 통해 다양한 압축 포맷과 변형된 북스캔 만화에 대해서도 식별이 가능한 기술 개발을 할 예정이다.

현재 진행 중인 연구가 마무리되게 되면 현재 급속도로 증가되고 있는 불법 만화 복제물들에 대한 정확한 식

별과 저작권정보의 연동을 통하여 북스캔 만화에 대해서도 저작권을 보호할 수 있는 환경이 구축될 것으로 기대한다.

References

- [1] Content Industry Trends Analysis Report, Korea Creative Content Agency, 2012
- [2] Big companies leaving e-book business, Korea Electronic Times, 2013.12.30.
- [3] H. Kang and S. Cho, “A Study on the Interoperable Rights Control Information between Heterogeneous Broadcasting DRM Schemes in Digital Home Domain,” The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, vol.8 no.5, pp.81-92, 2008.
- [4] D. So, B. Lee, S. Lee, “A Study on the Classification System of Copyright Protection Technology and the Evaluation of the Level of Element Technology for Protecting Digital Contents,” Journal of Korean Institute of Information Technology, vol. 10, issue 5, pp. 203-212, 2012.
- [5] Wikipedia, List of archive formats, 2013
- [6] Artpol-software, Available: <http://www.artpol-software.com>
- [7] S. Lee and C. Yoo, “Robust video fingerprinting for content-based video identification,” Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on, vol.18, no.7, pp.983-988, 2008.
- [8] DI60.Interface Specification_sound source Recognition DBMS.v1.0, Korea Copyright Protection Center, 2009.

※ 본 논문은 문화체육관광부의 저작권기술개발사업에 의거 한국저작권위원회의 정부지원금을 받아 연구되었습니다.

(This research project was supported by Government Fund from Korea Copyright Commission.)

저자 소개

한 병 준(정회원)



- 1996년 : 성균관대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 2001년 : 성균관대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 2003년 : 성균관대학교 대학원 전자전기공학과(박사과정 수료)
- 2013년 ~ 현재 : (주)디알엠인사이드 팀장

<주관심분야 : 저작권보호기술(DRM), 디지털 신호처리, 디지털시네마>

김 태 현(정회원)

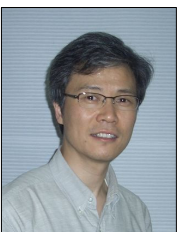


- 1993년 : 중앙대학교 전자계산학과 졸업(학사)
- 2011년 : 성균관대학교 대학원 전기전자 및 컴퓨터공학과(공학석사)
- 1992년 ~ 2000년 : (주)삼성SDS 정보기술연구소
- 2000년 ~ 2004년 : (주)파수닷컴 개발실장

• 2005년 ~ 현재 : (주)디알엠인사이드 CTO

<주관심분야 : 저작권보호기술(DRM), 정보보안기술, 리버스 엔지니어링, 디지털시네마>

강 호 갑(정회원)



- 1985년 : 성균관대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 1988년 : 성균관대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 2010년 : 성균관대학교 대학원 전자전기공학과(공학박사)
- 1991년 ~ 2000년 : (주)삼성SDS 정보기술연구소

• 2000년 ~ 2003년 : (주)파수닷컴 연구소장

• 2005년 ~ 현재 : (주)디알엠인사이드 대표이사

<주관심분야 : 저작권보호기술(DRM), 디지털시네마>

조 성 환(정회원)



- 1980년 : 성균관대학교 전자공학과(학사)
- 1982년 : 성균관대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 1991년 : 성균관대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 1982년 ~ 1985년 : 해군사관학교 전기 및 전자공학과 전임강사

• 1997년 : 미국 Columbia 대학 CATT Visiting Scholar

• 1985년 ~ 2002년 : 동서울대학 컴퓨터공학과 부교수

• 2002년 ~ 현재 : 금강대학교 교수

<주관심분야 : 영상통신, 무선네트워크, 저작권보호기술(DRM)>

이 근 영(정회원)



- 1973년 : 전남대학교 전자공학과(학사)
- 1975년 : 한양대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 1978년 : 한양대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 1979년 : Technical University of Denmark 연구원

• 1988년 : Loughborough University of Technology, United Kingdom 연구원

• 1981년 ~ 2012년 : 성균관대학교 교수

• 1995년 ~ 1997년 : 성균관대학교 정보통신연구소 소장

• 1996년 ~ 1998년 : 성균관대학교 정보통신 대학원 학장

• 2013년 ~ 현재 : 성균관대학교 명예교수

<주관심분야 : 영상통신, 디지털 신호처리, 저작권보호기술(DRM)>